



**University of
Zurich^{UZH}**

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2011

Primärsukzessionsprozesse, Bodenbildung, Tourismus und Naturschutz am Beispiel der Gletschervorfelder von Morteratsch und Aletsch (Graubünden/ Wallis, Schweiz)

Burga, C A ; Corrodi, D

Abstract: Today's pro-glacial areas, which still show the various historical glacier stages of the Morteratsch (GR) and Aletsch (VS) glaciers, lie within the timberline ecotone of the sub-alpine Larch/Swiss stone pine forest. Over the last 12 years, primary plant succession has been monitored with the help of 12 permanent plots, each located in a separate Morteratsch glacier extension, starting with the 1857 extension. Investigations into soil chemistry and physics at the monitoring sites show a decrease in grain size from ca. 80% to ca. 40% of the soil skeleton content and an increase in soil organic matter (C content) from 0.1 kg C m⁻² to >1 kg C m⁻² going from the older to the younger sites. Grain size, soil-water content and soil stability (safe sites) are crucial parameters for the establishment of pioneer vegetation. Since 1998, the climate has become warmer and dryer and the snow cover thinner. Thus, the growing period has become longer and the plant re-colonization processes on the younger permanent plots has accelerated. Certain individuals of *Epilobium fleischeri* and some grass species have settled rapidly, especially at those sites that have been ice-free since 2006. On sunny, summer days, several hundreds of tourists visit the Morteratsch valley and the Morteratsch glacier forefield. Fortunately, no severe environmental impacts have been registered as yet, in contrast to the Aletsch pro-glacial area. Here, a lake biotope (Grünsee) has established itself over the last ca. 80 years on an ice-free area of the Aletsch glacier forefield and, since the construction of a new bridge in 2008, can easily be visited. This has resulted in a new net of footpaths around the lake biotope and, in as little as two years, the vegetation of the biotope is already exhibiting severe erosion. The nature conservation authorities and the tourist office plan to restrict access to the lake, to better inform the visitors and to establish a new picnic area in order to avoid further environmental impacts.

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-51560>

Journal Article

Published Version

Originally published at:

Burga, C A; Corrodi, D (2011). Primärsukzessionsprozesse, Bodenbildung, Tourismus und Naturschutz am Beispiel der Gletschervorfelder von Morteratsch und Aletsch (Graubünden/ Wallis, Schweiz). *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft*, 23:103-118.

Primärsukzessionsprozesse, Bodenbildung, Tourismus und Naturschutz am Beispiel der Gletschervorfelder von Morteratsch und Aletsch (Graubünden/ Wallis, Schweiz)

Gewidmet Herrn Univ.-Prof. em. Dr. Dr.h.c. Erich Hübl (Wien) zum 80. Geburtstag

- Conradin A. Burga & Daniela Corrodi, Zürich -

Abstract

Today's pro-glacial areas, which still show the various historical glacier stages of the Morteratsch (GR) and Aletsch (VS) glaciers, lie within the timberline ecotone of the sub-alpine Larch/Swiss stone pine forest. Over the last 12 years, primary plant succession has been monitored with the help of 12 permanent plots, each located in a separate Morteratsch glacier extension, starting with the 1857 extension. Investigations into soil chemistry and physics at the monitoring sites show a decrease in grain size from ca. 80% to ca. 40% of the soil skeleton content and an increase in soil organic matter (C content) from 0.1 kg C m⁻² to >1 kg C m⁻² going from the older to the younger sites. Grain size, soil-water content and soil stability (safe sites) are crucial parameters for the establishment of pioneer vegetation. Since 1998, the climate has become warmer and dryer and the snow cover thinner. Thus, the growing period has become longer and the plant re-colonization processes on the younger permanent plots has accelerated. Certain individuals of *Epilobium fleischeri* and some grass species have settled rapidly, especially at those sites that have been ice-free since 2006.

On sunny, summer days, several hundreds of tourists visit the Morteratsch valley and the Morteratsch glacier forefield. Fortunately, no severe environmental impacts have been registered as yet, in contrast to the Aletsch pro-glacial area. Here, a lake biotope (Grünsee) has established itself over the last ca. 80 years on an ice-free area of the Aletsch glacier forefield and, since the construction of a new bridge in 2008, can easily be visited. This has resulted in a new net of footpaths around the lake biotope and, in as little as two years, the vegetation of the biotope is already exhibiting severe erosion. The nature conservation authorities and the tourist office plan to restrict access to the lake, to better inform the visitors and to establish a new picnic area in order to avoid further environmental impacts.

1. Einleitung

1.1 Aktuelle Klimadynamik: Wärmere und trockenere Jahre im Oberengadin

Im Zuge der allgemeinen aktuellen Klimaerwärmung gehören auch die Schweizer Gletscher mehrheitlich zu den Verlierern. Seit ca. 1985 weisen 73 ausgewählte Schweizer Gletscher einen zunehmenden Rückgang auf, wenige weitere Gletscher sind stationär (BAUDER & RÜEGG 2009) (Abb. 1 und 2).

Die Korrelation mit meteorologischen Daten aus der Schweiz (MeteoSchweiz) für die Jahre 2003/ 2004 und 2004/ 2005 zeigt folgenden Klimatrend im Oberengadin (Bernina-Region): Die Niederschläge haben um 5-15 % bzw. 15-25% (Okt. 2003-Sept. 2004 bzw. Okt. 2004-Sept.

2005) abgenommen während die Temperaturen um ca. 0.5-1.0 °C bzw. ca. 1.0-1.6 °C (Mai 2004-Sept. 2004 bzw. Mai 2005-Sept. 2005) zugenommen haben (BAUDER & RÜEGG 2009). Die Abweichungen der Mittelwerte der Niederschläge bezogen auf die Periode 1980-2004 betragen für die Jahre 2001-2004 um 2 bis 10% tiefere Werte, während die Jahresmitteltemperaturen der Jahre 2000-2005 positive Abweichungen von 1.6 bis 3.4 °C aufweisen (nach BAUDER & RÜEGG 2009) (Abb. 3 und 4). Im Oberengadin und zum Teil auch im Wallis sind also die letzten rund fünf Jahre allgemein merklich trockener und wärmer geworden. Von im Jahr

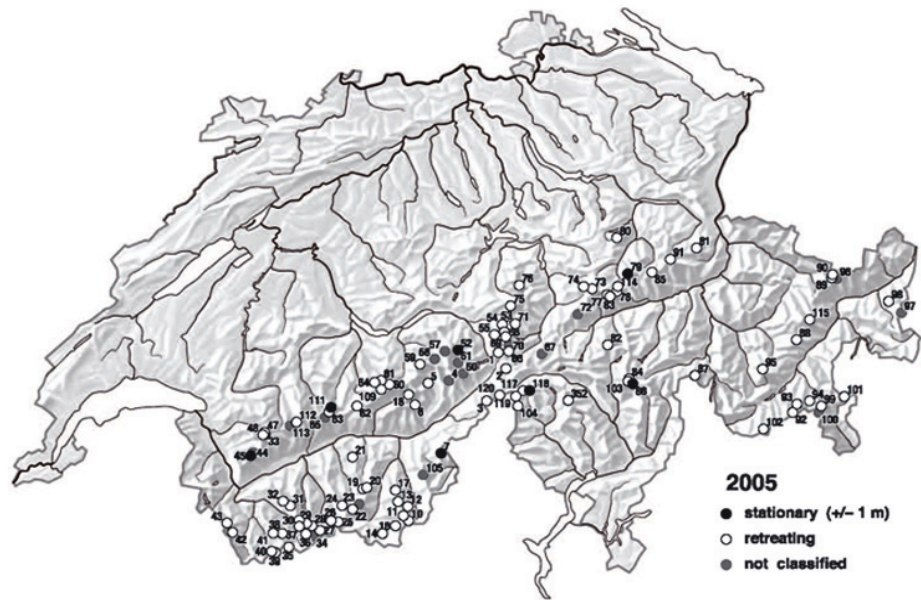


Abb. 1: Beobachtete Schweizer Gletscher im Herbst 2005 (stationäre, abschmelzende und nicht klassifizierte Gletscher, BAUDER & RÜEGG 2009)

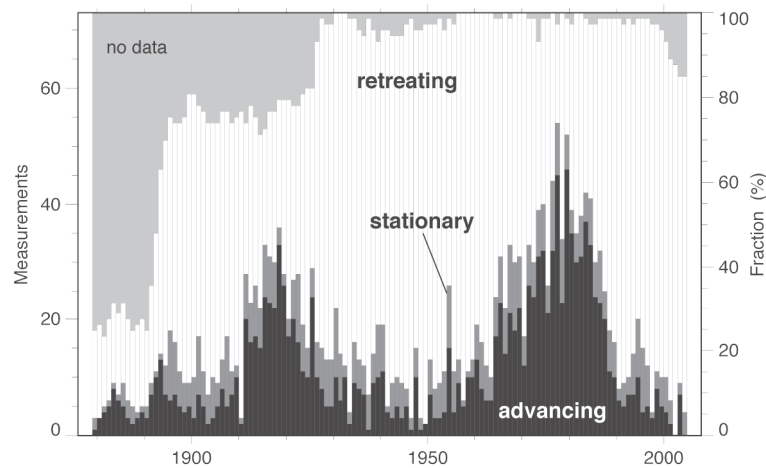


Abb. 2: Jährliche Gletscherlängenänderungen (vorstößend, stationär und abschmelzend) von 73 ausgewählten Schweizer Gletschern (BAUDER & RÜEGG 2009)

2009 total 112 vermessenen Schweizer Gletschern weisen 82 Gletscher einen Rückzug von 1 bis 25 m auf.

Seit 1995 werden mittels der von Oerlemans (IMAU, Universität Utrecht, NL) auf der Morteratsch-Gletscherzunge eingerichteten Klimamessstation verschiedene Parameter zum Mikroklima und zum Massenhaushalt des Gletschers gemessen; so unter anderem Lufttemperatur, Gletscherwind, Albedo auf dem Gletscher und Oberflächen-Energiefluss (Einzelheiten vgl. OERLEMANS 2010).

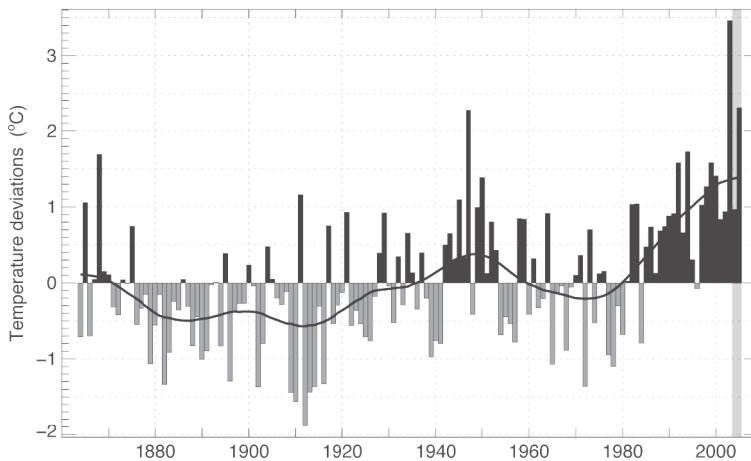


Abb. 3: Abweichungen der mittleren Sommer-Lufttemperatur (Mai-September) vom Mittelwert 1961-1990 in Grad Celsius für die Periode 1864-2005 (BAUDER & RÜEGG 2009)

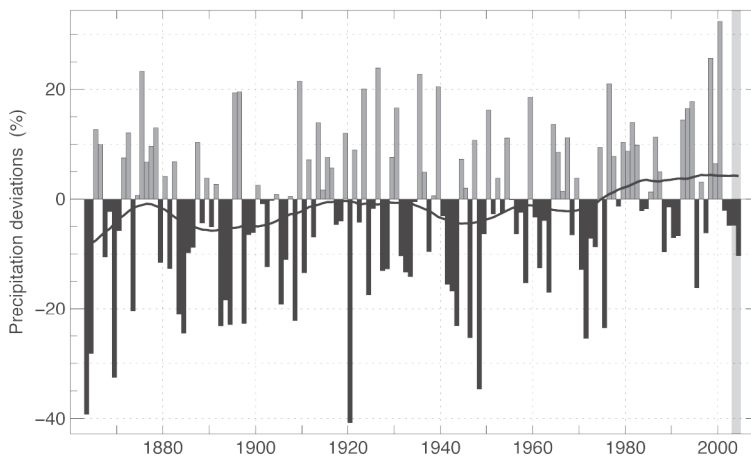


Abb. 4: Abweichungen vom Jahresniederschlag (hydrologisches Jahr) vom Mittelwert 1961-1990 in Prozenten für die Periode 1864-2005 (BAUDER & RÜEGG 2009)

1.2 Spätglaziale und neuzeitliche Ausdehnungen des Morteratsch-Gletschers (Bernina, Graubünden)

Der älteste Überrest einer Ufermoräne des Morteratsch-Gletschers bei Chünetta (2210 m) wird einem dem ostalpinen Egesen-Stadium äquivalenten spätglazialen Gletscherstand der Jüngeren Dryas (13'054-11'600 Kalenderjahre vor heute) zugeordnet. Das damalige Zungen-

ende des Gletschers wird etwa bei Pontresina angenommen (MAISCH, BURGA & FITZE 1999). Als Beispiel einer alten historischen Ausdehnung des Morteratschgletschers im 18. Jahrhundert sei eine Darstellung um AD 1760 von G. Walser, beschrieben und publiziert von GRUNER (1760), erwähnt (Abb. 5). Der damalige Morteratschgletscher wurde wie folgt beschrieben: *“Gehet man von Pontresina weiter fort, so kommt man, indem man die ordentliche Landstrasse ins Veltlin verlässt, gegen Westen über eine hölzerne Brücke wieder Südwärts, und sieht zween hohe Berge gegen Abend vor sich, zwischen denen ein ungeheurer Gletscherberg liegt, der bey zween Stunden im Umfänge, eine halbe Stunde in der Breite und wohl eine halbe Stunde oder 1000 Fr. Klafter in der Höhe hat; mithin ein ungeheurer Gletscherberg ist, der keinen Felsen zum Gunde hat; sondern in seinem ganzen Klumpen aus purem Eise besteht. Seine Gestalt ist wie ein runder Berg aufgethürmt, von oben aber rund abgeschnitten. Seine Seiten sind rauh gefurchet, und von unten ist derselbe rings herum mit Eisthürmen gleichsam verschanzt (...). An seiner Nordseite (...) hat er zween grausame, tiefe und 3 Schuh breite Spalten (...). Wirft man einen Stein in dieselben, so höret man ihne nicht zu Boden fallen (...). Ich halte diesen ungeheuren Gletscher für den beträchtlichsten in der ganzen Schweiz: Und theile eine nach der Natur gemachte Vorstellung desselben in Kupfer mit [vgl. Abb. 5] (...). Hinter dem vorgemelten grossen Gletscherberge liegen lauter ungeheure, unzugängliche Eisberge dichte an einander, und sind ringsherum überall vergletschert (...) auf Bernina, und andrer Orten mehr, ist die Gegend so wild, als immer in Grönland (...). Ich verlasse aber diesen wilden Ort, den man aus dem gemässigten Erdstriche ausmustern solte (...).“* Um AD 1857 erreichte der Gletscher einer seiner neuzeitlichen Hochstände mit einer ausgeprägten Ufermoräne (vgl. Abb 6; Blick vom Moränenwall des Gletscherstandes von 1940 zum aktuellen Morteratschgletscher; ganz rechts die Ufermoräne von 1857; aktueller Zustand von Juli 2011 vgl. Abb. 7). Weitere moderne Gletscherstände sind durch die regelmäßigen Vermessungen der Schweizerischen Glaziologischen Kommission von 1878 bis zur Gegenwart durch die jeweiligen Gletscherberichte dokumentiert (MAISCH, BURGA & FITZE 1999; BAUDER & RÜEGG 2009).



Abb. 5: „Der Gletscher auf Bernina in Bünden“. Darstellung des Morteratschgletschers um 1760, nach der Natur gezeichnet von G. Walser, in Kupfer gestochen von A. Zingg, publiziert von GRUNER (1760). (Zentralbibliothek Zürich, Foto C. A. Burga, 2011)



Abb. 6: Blick vom Gletscherstand AD 1940 nach SW zum Morteratschgletscher, rechts der Piz Bernina (4049 m ü.M.), der höchste Gipfel Graubündens und der Ostalpen, darunter die Ufermoräne von AD 1857. (Foto C.A. Burga, 2008)



Abb. 7: Berninagruppe mit Morteratsch-Gletscher im Juli 2011. (Foto C.A. Burga, 4. Juli 2011)

2. Vegetationsentwicklung und Bodenbildung auf Neuland: Mosaik zu Primärsukzessions- und Bodenbildungs-Prozessen im Gletschervorfeld von Morteratsch

Zur Vegetationsdynamik im Gletschervorfeld Morteratsch wurde bereits mehrfach publiziert (BURGA 1999a, b; BURGA et al. 2010). Die seit 1998 im Gletschervorfeld eingerichteten Dauerflächen Nr. 1-12 zur Vegetationsdynamik befinden sich an Stellen bekannten Alters von seit 1857 eisfrei gewordenen Flächen (Gletscherstände 1857-2006) (Abb. 8).

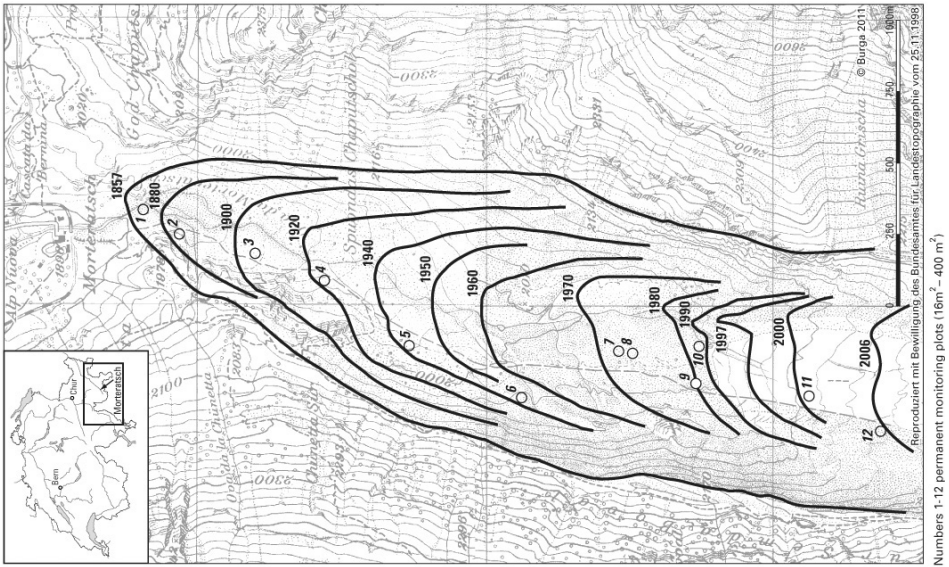


Abb. 8: Übersicht zu den Ständen des Morteratschgletschers AD 1857 bis AD 2000 mit den Monitoringflächen Nr. 1 – 12 (Original C.A. Burga, 2011)

Außerdem wurde die Bodenentwicklung im Gletschervorfeld in mehreren Arbeiten untersucht (EGLI et al. 2006; BURGA et al. 2010; EGLI et al. 2011).

Seit 1998 sind im Untersuchungsgebiet bzw. im Oberengadin folgende Umweltveränderungen festzustellen: Das Klima wurde wärmer und trockener, die Bildung der meist dünneren Schneedecke setzte früher ein, so dass die Böden warm blieben, was in Höhenlagen über ca. 2700 m ein verstärktes Abschmelzen des Permafrostes bewirkte. Die Dauer der Vegetationsperiode wurde etwas länger, wodurch für die Pionierpflanzen des Vorfeldes sich vermehrt safe sites bilden konnten (so auch vermehrt Seen, neue Bachläufe).

Zur Vegetationsdynamik der letzten rund 150 Jahre sollen nachfolgend einige ausgewählte Monitoring- bzw. Dauerflächen kurz beschrieben werden (vgl. Abb 8).

Die jüngste Dauerfläche Nr. 12 wurde im September 2006 eisfrei. Als erste Pionierarten traten schon nach ca. einem Jahr einzelne Individuen von *Epilobium fleischeri* auf, 2010 wurden deren 12 Einzelpflanzen gezählt, 2011 wuchsen neben ersten Poaceae schon rund 50 Individuen. Auf der seit 1990 eisfreien Dauerfläche Nr. 10 konnte noch 1998 eine schön ausgebildete Säuerlingsflur (*Oxyrietum digynae*) beobachtet werden. Diese allgemein eher kurzlebige Gesellschaft war bereits 2008 vollständig durch einen *Salix*-Aufwuchs ersetzt (vgl. BURGA 1999 a,b). Die Monitoringfläche Nr. 9 wurde 1980 eisfrei. Obwohl in deren Umgebung bereits erste kleine Lärchen und Arven wachsen, dominiert dort auf Kies und Grobsand nach wie vor das *Epilobium fleischeri* als langlebige Pioniergesellschaft; auf den edaphisch trockensten Stellen tritt erstmals die Bodenflechte *Stereocaulon alpinum* auf. Auf der 1940 eisfrei gewordenen Monitoringfläche hat sich eine offene Lärchen-Arvenwald-Bestockung etabliert (Abb. 6); an feuchteren Stellen längs Bachläufen gedeihen üppige *Alnus viridis*-Gebüsche. Die vor rund 110 Jahren um 1900 eisfrei gewordene Dauerfläche Nr. 3 ist durch einen offenen Lärchen-Arvenwald bestockt, wobei der für das Larici-Pinetum cembrae typische Ericaceae-Unterwuchs noch vollständig fehlt. Wie stark die lokalen Standortseigenschaften für die Vegetationsentwicklung eine Rolle spielen kann an der seit 1880 eisfrei gewordenen Monitoringfläche Nr. 2 beobachtet werden. Auf der durch den Gletscher geschliffenen Rundhöcker-

flur mit lediglich einer punktuellen Bodenbildung etablierten sich im Bereich von Felsspalten Lärchen- und Arvenbestände. Die seit dem letzten Gletscherhochstand von 1857 eisfrei gewordene Dauerfläche Nr. 1 ist durch einen offenen Lärchen-Arvenwald mit Jungwuchs gekennzeichnet, wobei der typische Ericaceae-Unterwuchs erst ansatzweise vorhanden ist (wenige Individuen von *Rhododendron ferrugineum*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea* und *Empetrum hermaphroditum*). Die Strauchschicht besteht aus einzelnen Exemplaren von *Juniperus communis* ssp. *nana* und *Lonicera caerulea*. Der Unterwuchs besteht aus einer geschlossenen, grasreichen Krautschicht (dominant *Festuca rubra* s.latiss., *Poa alpina*, *Avenella flexuosa*, *Poa nemoralis* var. *glauca*, *Anthoxanthum odoratum* s.l.), wobei das im Klimaxwald des Larici-Pinetum cembrae dominante Reitgras (*Calamagrostis villosa*) noch weitgehend fehlt.

2004 wurde in Zusammenarbeit mit der WSL Birmensdorf (Dr. B. Krüsi) über das Gletschervorfeld im Sektor zwischen den Ständen von 1857 und 1980 ein Untersuchungsgitter mit Maschenweite von 40 m, bestehend aus total 464 Gitterpunkten, eingerichtet (vgl. Abb. 9; BURGA et al. 2010). Innerhalb dieses Gitters wurden der Baumaufwuchs (Baumhöhe, Alter und Vitalität von Lärche und Arve), der Sträucherbesatz sowie die krautige Vegetation nach

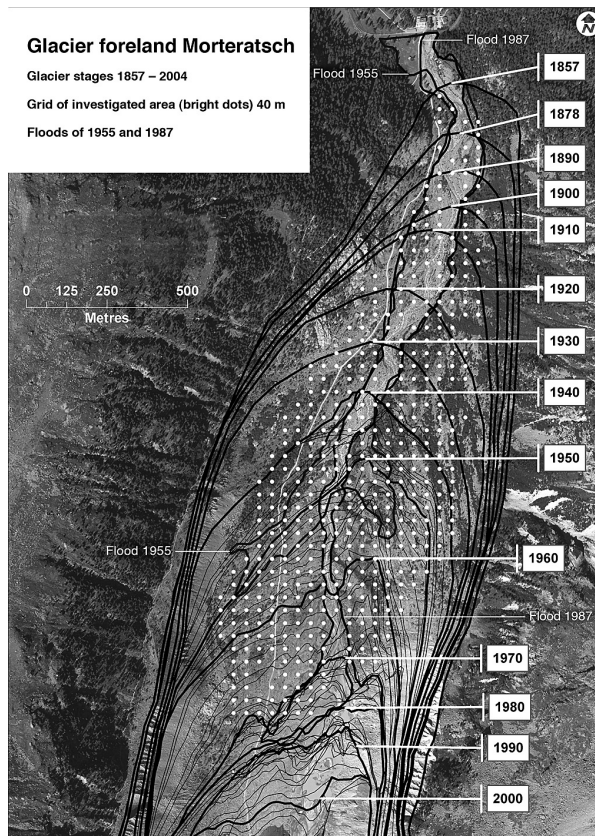


Abb. 9: Übersicht zu den Ständen des Morteratschgletschers AD 1857 bis AD 2000 (mit genauer Kartierung der Stände von AD 1940 bis AD 2000) mit dem Gitterpunkte-Netz (helle Punkte, Maschenweite 40 m) über dem Abschnitt AD 1857 bis AD 1980 (aus BURGA et al. 2010)

verschiedenen Gesichtspunkten (Artenvielfalt, Deckungsgrad, Soziabilität und Lebensform) untersucht, um Zusammenhänge mit dem Alter der Eisfreiheit eines bestimmten Sektors des Gletschervorfeldes und dessen Substrat zu eruieren (vgl. BURGA et al. 2010).

Eine Bodenkartierung im Maßstab 1 : 10'000 erfolgte mit Hilfe von Luftbildern und Feldaufnahmen (EGLI et al. 2006). Zudem erfolgten an den Monitoringflächen (vgl. Abb. 8) bodenchemische und –physikalische Analysen. Mit zunehmendem Alter der eisfreien Sektoren des Gletschervorfeldes nimmt der Skelettanteil im Boden von ca. 80% auf ca. 40% ab; im Gegenzug steigt innerhalb von ca. 120 Jahren infolge der Wiederbesiedlung durch Vegetation der organische C-Gehalt von ca. 0.1 kg/m² auf >1 kg/m² (weitere Daten zur Korngrößenverteilung und zum Wassergehalt der Böden vgl. BURGA et al. 2010). Ein kurzer Vergleich von Boden- und Vegetationskarte des Gletschervorfeldes zeigt, dass auf seit 1980 eisfreien Flächen Silikatgesteinsböden (Skeletal/ Lithic Leptosol) mit Weidenröschenflur (*Epilobietum fleischeri*), an feuchteren Stellen längs Bachrinnen Humus-Silikatgesteinsböden und Ranker (Humi-Skeletal Leptosol) mit Grünerlenbusch (*Alnus viridis*) sowie auf seit über 100 Jahre eisfreien Stellen Saure Braunerden (Dystric Cambisol) mit Lärchen-Arvenwald besetzt sind (vgl. Karte in BURGA et al. 2010).

Auf Grund der für die Wiederbesiedlung des Gletschervorfeldes kleinstandörtlichen Randbedingungen (Geomorphologie und Morphodynamik [Vorhandensein von safe sites], Substrat bzw. Böden [Korngrösse, C-Gehalt], hydrologische Verhältnisse, Mikroklima) ergeben sich für die Pioniervegetation verschiedene Ausgangspositionen (v.a. Korngröße und Feuchtigkeitsge-

Primary plant successions of the glacier foreland Morteratsch: different starting points

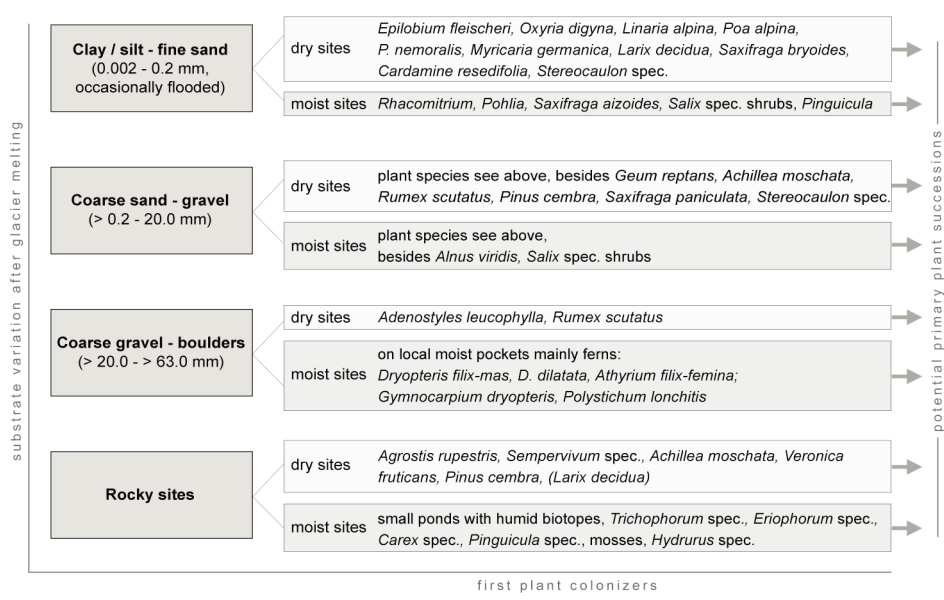


Abb. 10: Verschiedene Ausgangssituationen von Primärsukzessionen im Gletschervorfeld Morteratsch auf Grund verschiedener Substrate (diverse Korngrößen, Felsstandorte, feuchte oder trockene Standorte) (aus BURGA et al. 2010)

halt der Standorte, Felsstandorte) und damit Besiedlungsmöglichkeiten für verschiedene Pflanzenarten. Da sich das Gletschervorfeld mit 2100 m im oberen Bereich der subalpinen Stufe befindet, also im Waldgrenzökoton, kann auf vielen Standorten bei störungsfreier Entwicklung mit dem Lärchen-Arvenwald (*Larici-Pinetum cembrae*) als Klimax gerechnet werden, was auf den ältesten seit rund 140 Jahren eisfrei gewordenen Flächen im Ansatz zu beobachten ist (vgl. Abb. 8, Monitoringfläche Nr. 1). Auf a priori nicht waldfähigen, sehr trockenen oder ständig gestörten Standorten etablieren sich hauptsächlich Dauergesellschaften (vgl. Übersicht Abb. 10). Besonders auf den jungen und jüngsten eisfrei gewordenen Monitoringflächen scheint die

Wiederbesiedlung durch Pionierpflanzen besonders schnell zu verlaufen. Möglicherweise kann dies mit der seit den 1990er Jahre sich abzeichnenden Klimaerwärmung erklärt werden. Entsprechende neuere Untersuchungen zur Pflanzen-Wiederbesiedlung von Gletschervorfeldern der Ötztaler Alpen von ERSCHBAMER (2007, 2009) weisen in einigen Punkten in die gleiche Richtung.

Infolge plötzlicher Naturereignisse, wie die großflächigen Überschwemmungen von 1955 und 1987 (Abb. 9, 11a,b), oder als Folge des größeren Murgangs vom 2. Juli 2010 (Abb. 12) wurden die Pioniervegetation und erste Aufwuchsflächen von Lärche und Arve meistens gänzlich zerstört bzw. alte Bäume des Lärchen-Arvenwaldes außerhalb des heutigen Gletschervor-



Abb. 11a: Überschwemmung im Gletschervorfeld Morteratsch von Juli 1987: Zustand kurz nach dem Ereignis. Die wenigen stehen gebliebenen durch Bachschotter eingedeckten nutzbaren Lärchen wurden gefällt (Foto C.A. Burga, Juli 1987)



Abb. 11b: Überschwemmung im Gletschervorfeld Morteratsch von Juli 1987: Zustand im Juli 2010. Die aufgeschüttete Schotterebene sowie die neu gebildete Kiesinsel im Gletscherbach weisen einen ausgeprägten Lärchen-, Weiden- und Grünerlen-Aufwuchs auf (Foto C.A. Burga, Juli 2010)

feldes mit Hangschutt und Schlamm eingeschottert, so dass die Wiederbesiedlung im Gletschervorfeld meist von Neuem einsetzte bzw. im Fall des letztjährigen Murgangs im Klimaxwald die Kraut- und Zwergstrauchschichten sich neu etablieren werden.



Abb. 12: Murgang vom 2. Juli 2010 durch den subalpinen Lärchen-Arvenwald von Morteratsch. Die Basis der Baumstämme wurde durch eine ca. 0.50 – 0.70 m mächtige Schuttablagerung versiegelt. Der graue „Kragen“ einiger Stämme weist auf die Höhe des Oberflächenabflusses des Hangwassers hin (Foto C.A. Burga, 3. Juli 2010)

3. Bemerkungen zur touristischen Nutzung des Morteratsch-Tals

Das Morteratsch-Tal bei Pontresina mit seinem unvergleichlichen Gebirgspanorama ist das mit öffentlichen Verkehrsmitteln (Haltestelle der Rätischen Bahn an der weltberühmten Bernina-Bahnlinie) sowie mit privaten Fahrzeugen (Parkplätze, Campingplatz) am besten erschlossene Gletschergebiet der Schweiz. Auf dem gut ausgebauten und im Gleichschritt mit dem Eisschwund stets ergänzten rund 2.2 km langen Wanderweg zum Morteratschgletscher sind im Sommer bei schönem Wetter hunderte von Touristen unterwegs. Aus diesem Grund wurde 1993 auf Initiative von C. A. Burga der erste kommentierte Gletscherlehrpfad der Schweiz eingerichtet (Begleitbuch zum Gletscherlehrpfad von MAISCH, BURGA & FITZE 1999; erste Auflage 1993). Trotz den tageweise sehr zahlreichen Wandertouristen (Schulklassen, Massentouristen aus aller Welt, Familien mit Kinderwagen, Individualtouristen) zeichnen sich Dank den aufgestellten Abfalleimern und dem am Taleingang gelegenen Restaurant mit Toiletten keine ernsthaften Umweltprobleme ab. Eine anfängliche Nutzung des Wanderwegs durch Mountainbiker wurde rechtzeitig untersagt. Außerdem werden einige Felspartien als Klettergarten genutzt, und auf der Gletscherzunge wird zeitweise Eisausbildung betrieben.

4. Vorfeld des Grossen Aletsch-Gletschers (Wallis): Tourismus *versus* Naturschutz

Das Gletschervorfeld von Aletsch mit seinem Lärchen-Arvenwald (Aletschwald) gehört zum UNESCO-Naturwelterbe Jungfrau-Aletsch-Bietschhorn (Abb. 13). Die verschiedenen Ausdehnungen des Aletschgletschers der letzten rund 3200 Jahre wurden detailliert von Holzhauser rekonstruiert (HOLZHAUSER 1984, 1995).



Abb. 13: Der Große Aletsch-Gletscher mit dem Aletschwald (Pro Natura Schutzgebiet) im Oberwallis (Foto C.A. Burga, Juni 2010)

Das neuzeitliche Gletschervorfeld von Aletsch wurde vegetationskundlich zunächst von LÜDI (1958), dann mehrfach von RICHARD (1968, 1973, 1987), später von KINDT (2000) untersucht. Die Vegetationsverhältnisse im Umkreis des Aletschgletschers untersuchten LÜDI (1950), BÉGUIN & THEURILLAT (1985) sowie THEURILLAT (1992).

Im Verlauf der letzten rund 80 Jahre (AD 1927 war das Gebiet des heutigen Grünsees noch von Eis bedeckt) entstand zwischen Ufermoränen und Rundhöckern das landschaftlich attraktive Biotop des Grünsees (1614 m ü.M.) mit lichtem Moorbirkenbestand, der bisher weitab des Wanderweges selten betreten wurde (Abb. 14). Dieses Biotop befindet sich innerhalb des Pro Natura Schutzgebietes Aletschwald. Im Juli 2008 änderte sich plötzlich die Erreichbarkeit des Grünsees Dank dem Zugang auf der neuen Hängebrücke über die bisher für den Massentourismus unüberwindbare Massa-Gletscherschlucht. Diese gezielte bessere und attraktivere Erschließung des Aletschwaldes bewirkte eine bisher noch nie da gewesene touristische Belastung des jungen See-Biotops, indem sich an schönen Sommertagen täglich zum Teil mehrere Hundert Touristen am See lagerten (Abb. 15). 2010 benutzten insgesamt 23'786 Personen die Hängebrücke, maximal 794, im Mittel 194 Personen pro Tag. Der Grünsee wurde 2010 von total 10'713 Personen besucht, maximal 300, im Mittel 93 Personen pro Tag (CORRODI 2011). Schon innert einer Sommersaison entstand ein ganzes Netz von neuen Trampelpfaden, und an den attraktiven Seeuferbereichen sind die Erosionsschäden an der Krautschicht unübersehbar (Abb. 16). Außerdem kommen das Abfallproblem und die anthropogene Eutrophierung in der Seeumgebung dazu. Die Frequentierung des Gebietes Grünsee mit ihren vielfältigen Auswirkungen auf die Vegetation wurden 2010 im Rahmen einer praxisbezogenen Masterarbeit von Daniela Corrodi im Sinn eines Gutachtens mit Empfehlungen zu Maßnahmen gegen diese tou-

ristische Übernutzung untersucht (Details sind dort zu entnehmen, vgl. CORRODI 2011). In dieser Fallstudie wurden folgende Methoden angewandt: Besucherzählungen, Schadenskartierungen, Vegetationsaufnahmen in einem Stichprobenraster (untersuchte Substrate: Uferzone, Moräne, Felsschutt; erhobene Parameter: Pflanzen-Kennarten, Artenzahl, Deckungsgrad, Lebensform, ökologischer Zeigerwert), Interviews mit Touristen, Eignungsanalyse, Prüfung vorhandener Informationsmaterialien sowie Beobachtungen zum Touristenverhalten.



Abb. 14: Das Biotop des Grünsees (1614 m ü.M.) innerhalb des Pro Natura Schutzgebietes Aletschwald. Auf dem NLK-Kartenblatt 1269 Aletschgletscher der Erstausgabe von 1975 war der heutige Grünsee noch ohne Name, und die damalige Gletscherzunge noch relativ nahe am See gelegen (Foto C.A. Burga, Juni 2010)

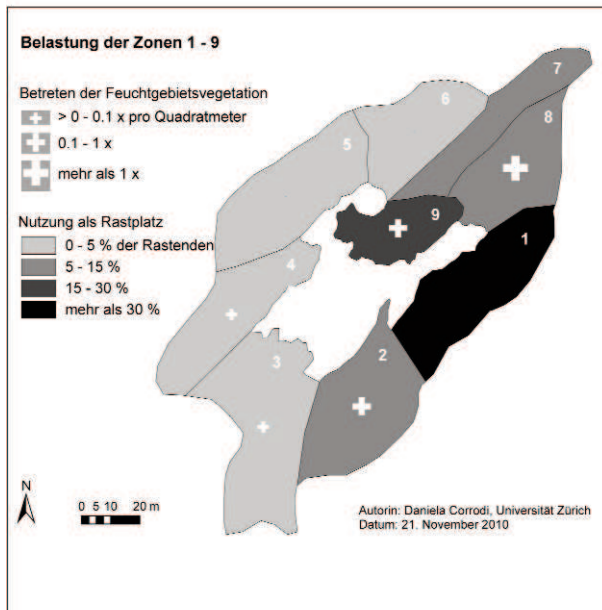


Abb. 15: Durch Touristen belastete Zonen 1-9 am Grünsee (aus MSc-Arbeit von Daniela CORRODI, 2011)

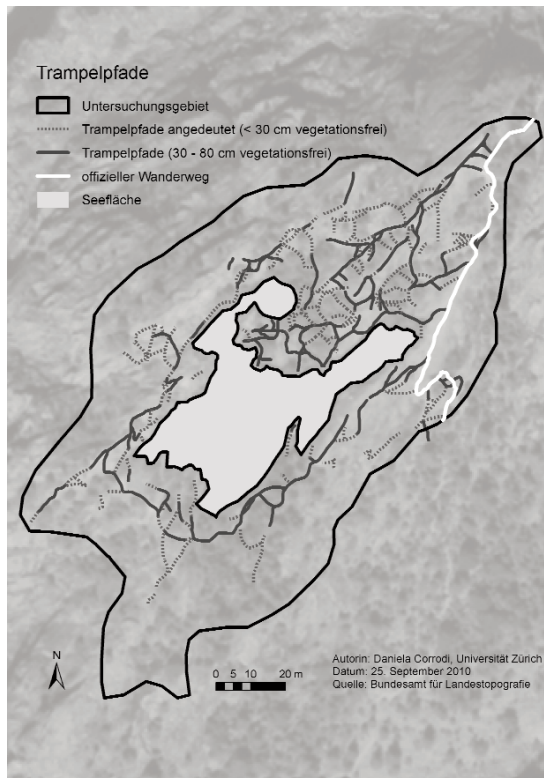


Abb. 16: Das Untersuchungsgebiet am Grünsee mit den seit 2008 entstandenen Trampelpfaden. Der offizielle Wanderweg ist in Weiß dargestellt (aus MSc-Arbeit von Daniela CORRODI, 2011)

Im Folgenden werden kurz die wichtigsten Punkte zur touristischen Nutzung des Grünsees und deren Auswirkungen, wie Besucherverteilung, Erosionsschäden an der Vegetation, neue Trampelpfade und Gesamtschäden, auf das Biotop mit Empfehlungen an das Pro Natura Schutzgebiet Aletschwald dargelegt. Die Abb. 15 stellt die Belastung der Grünsee-Uferzone als Rastplatz, eingeteilt nach Nutzungsintensität in 9 Zonen, dar. Die touristisch attraktivsten Bereiche sind die Zonen 1 (SW-Ufer) und 9 (Halbinsel). Zudem wurde das Betreten der besonders trittempfindlichen Feuchtgebietsvegetation festgehalten; diesbezüglich stark gefährdet sind die Zonen 2 und 8. Besonders eindrücklich ist die Beeinträchtigung des Grünsee Biotops durch das ausgedehnte Netz an schmalen (<30 cm vegetationsfreie Wegbreite) und breiteren (30-80 cm vegetationsfreie Wegbreite) neben dem offiziellen Wanderweg mehrheitlich in der Periode von 2008-2010 neu entstandenen Trampelpfaden (Abb. 16). Ein Bild zu den Gesamtschadensflächen der Substrate Ufer, Felsschutt und Moräne vermittelt die Abb. 17. Dabei stehen das SW-Ufer und die Halbinsel als beliebteste Orte des Aufenthalts durch besonders starke Schädigungen hervor. Die Dokumentation der Schäden, welche Vegetation und Standort durch den Erholungsverkehr erfahren haben, belegt einen problematischen Veränderungsprozess. Die Masterarbeit kommt zu dem Schluss, dass die Erholungsnutzung das Gebiet Grünsee nachhaltig schädigt und die Belastungsgrenze bereits überschritten wurde. Diese unliebsame Situation erheischt eine rasch umzusetzende wirksame Besucherlenkung. Nebst Absperungen, Einrichtung einer Toilette und Kontrollgängen von Aufsichtspersonen stehen das Markieren eines Rastplatzes und eine verbesserte Besucherinformation im Zentrum der Empfehlungen. Die Eignungsanalyse für einen Rastplatz berücksichtigte die Besuchermeinun-

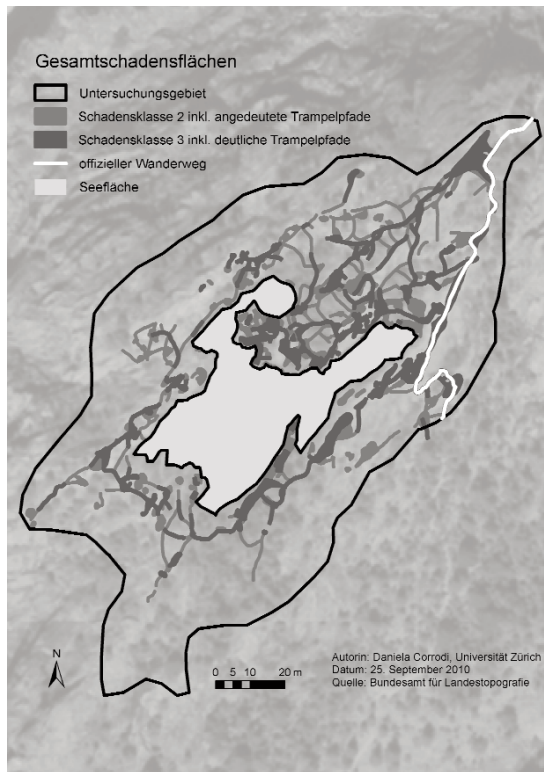


Abb. 17: Gesamtschadensflächen der Substrate Ufer, Felsschutt und Moräne am Grünsee. Dargestellt sind der offizielle Wanderweg (in Weiss) und die Schadensklassen 2 und 3 (aus MSc-Arbeit von Daniela CORRODI, 2011)

gen sowie die vorhandenen Naturwerte und Schäden. Die Zonen 1 und 7-9 wurden zur Freigabe vorgeschlagen, um durch eine klare Trennung zumindest die heute noch in besserem Zustand befindlichen südwestlichen Teile der Umgebung des Grünsees ihrer natürlichen Entwicklung zu überlassen. Weiter soll die Platzierung der Schutzgebietsinformation in Werbe- und Informationsmaterialien ermöglichen, dass sich die Gäste bereits bei der Vorbereitung der Wanderung mit der Sensibilität des Lebensraumes auseinander setzen. Mit dem Rastplatz Grünsee und einer verbesserten Besucherinformation sollte die Beliebtheit der Hängebrücke nicht mehr länger als hängendes Damoklesschwert fungieren, sondern als Chance für ein Nebeneinander von Natur und Tourismus stehen.

5. Zusammenfassung

Die aktuellen Gletschervorfelder von Morteratsch (GR) und Aletsch (VS) mit dem neuzeitlichen Gletscherstand um 1850 und jüngeren Ständen befinden sich im Waldgrenzökoton des subalpinen Lärchen-Arvenwaldes. Im Gletschervorfeld von Morteratsch wurden während den letzten 12 Jahren an Hand von 12 Monitoringflächen die Primärsukzessionsprozesse der Wiederbesiedlung durch Pionierpflanzen seit dem Hochstand von 1857 untersucht. Bodenchemische und –physikalische Analysen an den Monitoringflächen zeigen, dass mit zunehmendem Alter der eisfreien Flächen innerhalb von ca. 120 Jahren der Skelettanteil im Boden von ca. 80% auf ca. 40% abnimmt, dagegen der organische C-Gehalt des Bodens von ca. 0.1 kg C m² auf >1 kg C m² zunimmt. Die Korngröße, der Feuchtegehalt und die Stabilität des Bodens (safe

sites) sind die entscheidenden Standortfaktoren für eine erfolgreiche Wiederbesiedlung. Seit 1998 wurde das Klima deutlich wärmer und trockener, die Schneedecke meist dünner. Damit verlängerte sich die Vegetationsperiode, wodurch sich die Primärsukzessionsprozesse auf den jüngeren seit ca. 1990 eisfreien Monitoringflächen deutlich beschleunigten. Besonders die seit 2006 eisfreie Monitoringfläche wurde rasch durch *Epilobium fleischeri* und einige Gräser (u.a. *Poa alpina* und *P. nemoralis* var. *glauca*) besiedelt.

Während die touristische Nutzung des Morteratsch-Tals durch Hunderte von Besuchern an schönen Sommertagen derzeit noch keine nennenswerten Umweltprobleme verursacht, zeichnet sich am vor rund 80 Jahren neu entstandenen Biotop des Grünsees im Gletschervorfeld von Aletsch (VS) seit 2008 infolge Erschließung durch eine Hängebrücke ein ernster Nutzungskonflikt ab. Innerhalb von nur zwei Jahren entstanden ein ausgedehntes Netz von neuen Trampelpfaden und beträchtliche Erosionsschäden an der Seeufer-Vegetation. Durch eine wirksame Besucherlenkung und Einrichten eines Rastplatzes sowie durch bessere Besucherinformationen soll dem Problem begegnet werden.

6. Literatur

- BAUDER, A., RÜEGG, R. (2009): The Swiss Glaciers. 2003/2004 and 2004/2005. Glaciological Report No. 125/126. Publication of the Cryospheric Commission (EKK) of the Swiss Academy of Science (SCNAT). – VAW, ETH Zürich. Langnau am Albis. 111 S.
- BÉGUIN, C., THEURILLAT, J.-P. (1985): Analyse de la végétation et du paysage de la région d'Aletsch MAB 6. Valeurs de protection et charges écologiques. – Cahiers de l'Institut de Géographie de Fribourg **3**: 91-109.
- BURGA, C.A. (1999a): Vegetation development on the glacier forefield Morteratsch (Switzerland). – Applied Vegetation - Science **2**: 17-24.
- BURGA, C.A. (1999b): Vegetationsdynamik in Gletschervorfeldern der Schweizer Zentralalpen am Beispiel von Morteratsch (Pontresina, Graubünden, Schweiz). – Ber. d. Reinhold-Tüxen-Ges. (RTG) **11**: 267-277.
- BURGA, C.A., KRÜSI, B., EGLI, M., WERNLI, M., ELSNER, S., ZIEFLE, M., FISCHER, T., MAVRIS, C. (2010): Plant succession and soil development on the foreland of the Morteratsch glacier (Pontresina, Switzerland): Straight forward or chaotic ? – Flora **205**: 561-576.
- CORRODI, D. (2011): Einfluss der touristischen Nutzung auf die Pioniervegetation am Grünsee im Gletschervorfeld des Grossen Aletschgletschers. Analyse des Triffaktors und Vorschläge für die Besucherlenkung. – Masterarbeit Geographisches Institut der Universität Zürich. Manuskript, 98 S.
- EGLI, M., WERNLI, M., KNEISEL, C., HAEBERLI, W. (2006): Melting glaciers and soil development in the proglacial area Morteratsch (Swiss Alps). I. Soil type chronosequence. – Arctic Antarctic Alpine Res. **38**: 499-509.
- EGLI, M., WERNLI, M., BURGA, C., KNEISEL, C., MAVRIS, C., VALBOA, G., MIRABELLA, A., PLÖTZE, M., HAEBERLI, W. (2011): Fast but temporally scattered smectite-formation in the proglacial area Morteratsch: an evaluation using GIS. – Geoderma **164**: 11-21.
- ERSCHBAMER, B. (2007): Winners and losers of climate change in a Central Alpine glacier foreland. – Arctic Antarctic Alpine Res. **39**: 237-244.
- ERSCHBAMER, B. (2009): Faktoren und Prozesse der Besiedlung im alpinen Neuland. – Ber. d. Reinh.-Tüxen-Ges. **21**: 253-265.
- GRUNER, G.S. (1760): Die Eisgebirge des Schweizerlandes: beschrieben von Gottlieb Sigmund Gruner; Fürsprech vor den Zweyhundertten des Freystaates Bern. Zweyter Theil. – Bern, Abraham Wagner Sohn. 224 S.
- HOLZHAUSER, H.P. (1984): Zur Geschichte der Aletsch-Gletscher und des Fieschergletschers. – Physische Geographie **13**. Zürich. 448 S.
- HOLZHAUSER, H.P. (1995): Gletscherschwankungen innerhalb der letzten 3200 Jahre am Beispiel des Grossen Aletsch- und des Gornergletschers. Neue Ergebnisse. In: Schweizerische Akademie der Naturwissenschaften (SANW) 1995: Gletscher im ständigen Wandel, 101-122. Jubiläums-Symposium der Schweizerischen Gletscherkommission 1993 in Verbier (VS). – Zürich, 218 S.

- KINDT, S. (2000): Vegetationsdynamik auf Moränenflächen des Grossen Aletschglatschers. Untersuchungen zur pflanzlichen Wiederbesiedlung der jüngeren Moränenflächen im Naturreservat Aletschwald (Wallis, Schweiz). – Diplomarbeit am Lehrstuhl für Geobotanik, Universität Freiburg i.B.
- LÜDI, W. (1950): Die Pflanzenwelt des Aletsch-Reservates bei Brig (Wallis). – Bulletin de la Murithienne **67**: 122-178.
- LÜDI, W. (1958): Beobachtungen über die Besiedlung von Gletschervorfeldern in den Schweizeralpen. – Flora **146**: 386-407.
- MAISCH, M., BURGA, C.A., FITZE, P. (1999): Lebendiges Gletschervorfeld. Führer und Begleitbuch zum Gletscherlehrpfad Morteratsch. – Geographisches Institut der Universität Zürich und Gemeinde Pontresina. Engadin Press, Samedan. 138 S.
- OERLEMANS, J. (2010): The Microclimate of Valley Glaciers. – Igitur, Utrecht Publishing & Archiving Services, Universiteitsbibliotheek Utrecht. 138 S.
- RICHARD, J.-L. (1968): Les groupements végétaux de la Réserve d'Aletsch (Valais, Suisse). – Beiträge zur geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz **51**. Huber, Bern.
- RICHARD, J.-L. (1973): Dynamique de la végétation au bord du grand glacier d'Aletsch (Alpes suisses). – Ber. Schweiz. Bot. Ges. **83** (3): 159-174.
- RICHARD, J.-L. (1987): Dynamique de la végétation sur les marges glaciaires récentes de la réserve d'Aletsch (Alpes valaisannes, Suisse). 15 ans d'observations dans les placettes-témoin (1971-1986). – Botanica Helvetica **97** (2): 265-275.
- THEURILLAT, J.-P. (1992): Etude et cartographie du paysage végétal (symphytocoenologie) dans la région d'Aletsch (Valais, Suisse). Développement historique et conceptuel de la symphytocoenologie, niveaux de perception, méthodologie, applications. – Beiträge zur Geobotanischen Landesaufnahme der Schweiz **68**. 384 S.

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Conradin A. Burga & MSc UZH Daniela Corrodi, Geographisches Institut der Universität Zürich, Winterthurerstr. 190, CH-8057 Zürich

Dank

Herrn Dr. Andreas Bauder, Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie der ETH Zürich, danken wir bestens für die Reproduktionsbewilligung der Abb. 1-4 aus BAUDER & RÜEGG (2009).

Die Abteilung „Alte Drucke“ der Zentralbibliothek der Universität Zürich stellte freundlicherweise eine alte Darstellung des Morteratschglatschers zur Reproduktion zur Verfügung.